

Doğuş Üniversitesi Dergisi, 8 (2) 2007, 143-158

## OPERASYONEL RİSK YÖNETİMİ'NDE ZARAR DAĞILIMLARI İLE GELİŞMİŞ ÖLÇÜM YAKLAŞIMI UYGULAMASI\*

### ADVANCED MEASUREMENT APPROACH WITH LOSS DISTRIBUTION IN OPERATIONAL RISK MANAGEMENT

**Nurgül CHAMBERS**

Marmara Üniversitesi, İktisadi ve İdari  
Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü

**Atilla ÇİFTER**

Deniz Yatırım-Dexia Grubu ve  
Marmara Üniversitesi, Ekonometri A.B.D.

**ÖZET:** En son yayınlanan Basel dokümanına göre, bankalar risk hesaplamasında gelişmiş ölçüm yaklaşımını uygulayabileceklerdir. Temel ve standart yöntem operasyonel riski brüt gelirin yüzdesi olarak dikkate aldığından, bu yöntemler gerçek kayıp ve kayıp olasılığını hesaplamada yetersiz kalmaktadır. Bu makalede, zarar dağılımları benzetim verileriyle uygulanmıştır. Çalışmada 20 zarar dağılımı ve zarar dağılımı tabanlı iç ve dış veri birleştirilmesine yer verilmiş ve zarar dağılımı uygulamasında Değişen Zarar Dağılımı Yaklaşımı önerilmiştir. Diğer bir bulgu, parametrik olmayan dağılımlarda beklenmeyen zararın belirlenmesinde BIS (2004) tespitine paralel olarak %99.9 güven aralığının çok yüksek olduğu ve bu dağılımlar için %99-%99.5 arasında güven aralığının seçilmesi gerekliliğidir.

**Anahtar Kelimeler:** Operasyonel risk, Gelişmiş ölçüm yaklaşımı, Zarar dağılımı, Değişen dağılım, İç ve dış veri birleştirilmesi, Güven aralığı.

**ABSTRACT:** According to the last proposal by Basel Committee, commercial banks are allowed to use advanced measurement approach for operational risk. Since basic indicator and standard approach considers operational risk as a percentage of gross profit, these methodologies are not satisfactory as real lost or probability of lost are not taken into consideration. In this article, loss distribution approach is applied with simulated data. 20 nonparametric loss distributions and mixing internal and external data with loss distribution are applied. We introduced switching distribution Approach in loss distribution approach. We also found that %99.9 confidence interval is inapplicable in unexpected loss (UL) for sophisticated distributions (same as BIS [2004] foresight) and advised to choose confidence interval between %99.0 and %99.5.

**Keywords:** Operational risk, Advanced measurement approach (AMA), Loss distribution, Switching distribution approach, Mixing internal and external data, Confidence interval.

### 1. Giriş

Operasyonel risk, Basel Yönlendirici dokümanında “yetersiz veya yanlış içsel yöntem, kişi ve sistemler veya dışsal olaylar nedeniyle meydana gelebilecek doğrudan veya dolaylı zarara uğrayabilme riskidir.” (BIS, 2001: 2). Başlangıçta kredi ve piyasa riski dışındaki tüm riskler bu tanıma dahil edilirken, gelişmiş ülkelerdeki düzenleyiciler

\* Bu makale, 29-30 Eylül 2005 tarihlerinde yapılan IX.Ulusal Finans Sempozyumunda sunulan bildirinin gözden geçirilmiş halidir. Yazarlar, katkılarından dolayı Vitaly Vkhon, Mario R. Melchiori ve Hans-Michael Mahlkecht'e ve Doğuş Üniversitesi Dergisi Editörü Sayın Sönmez Çelik ve hakemlerine teşekkür eder.

“Stratejik ve İtibar Riski”ni bu tanımdan çıkarmıştır (FDIC, 2003: 5). 2004 yılında yayınlanan Basel dokümanında da benzer şekilde Stratejik ve İtibar Riski operasyonel risk tanımından çıkarılmıştır (BIS, 2004: 137). Basel operasyonel risk yönetimi için üç yöntem önermektedir. Bunlar; temel gösterge yaklaşımı (brüt gelirin %15’i), standart yaklaşım (brüt gelirin 8 alt kategoride %12-18’i ) ve Gelişmiş Ölçüm Yaklaşımıdır. BDDK, AB direktiflerine paralel olarak Ocak 2009’da bankaların AMA yaklaşımına izin verilme sürecine başlayacaktır (BDDK, 2005a).

Bu makalede, AMA yaklaşımında yapı taşı olan zarar dağılımı benzetim verilerle uygulanmıştır. İkinci bölümde operasyonel risk yönetiminin önemi ve stratejik finans içerisindeki yeri, üçüncü bölümde operasyonel risklerin belirlenmesi ve Basel II yapı taşları, dördüncü bölümde zarar dağılımı yaklaşımı yer almaktadır. Beşinci bölümde uygulamada kullanılan benzetim veriler ve özellikleri belirtilmiş, altıncı bölümde benzetim verilerle uygulama yapılmış ve yedinci bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir. Çalışmada, zarar dağılımı yaklaşımı ile ilgili farklı özellikteki dağılımların uygulaması, senaryo analizleri, iç ve dış verinin birleştirilmesinin yanında, %99.9 güven aralığının parametrik olmayan zarar dağılımları için çok yüksek olduğu ve bunun gelişmiş ölçüm yaklaşımının temel felsefesi ile çeliştiği belirtilmiştir. Ayrıca, değişen dağılım (switching distribution) gelişmiş ölçüm yaklaşımında önerilmiştir.

## 2. Operasyonel Risklerin Belirlenmesi-Basel II Çerçevesi

Basel Bankacılık ve Gözetim Otoritesi, piyasa ve kredi risklerini içerecek şekilde Sermaye Uzlaşısını 1988 yılında yayınlamış, Ocak 2001’deki düzenleme ile de operasyonel risk’i eklemiştir. Basel operasyonel risk için 3 farklı yaklaşım önermektedir (BIS, 2004: 137–141).

- Temel Gösterge Yaklaşımı
- Standartlaştırılmış Yaklaşım (ve Alternatif Standartlaştırılmış Yaklaşım)
- Gelişmiş Ölçüm Yaklaşım

Temel Gösterge Yaklaşımında, brüt gelirin belirli bir katsayı ( $\alpha$ ) ile çarpılması sonucu ayrılması gereken sermayenin hesaplanmasıdır (1).

$$K_{BIA} = [\sum (GI_{1,...,n} * \alpha)]/n \quad (1)$$

$K_{BIA}$ : Gerekli Sermaye

$GI$ : Yıllık Brüt Gelir (son üç yılda pozitif)

$n$ : Brüt gelirin son üç yılda pozitif olduğu yıl sayısı

$\alpha$  : %15

Standartlaştırılmış yaklaşımın temel gösterge yaklaşımından farkı, dikkate alınan brüt gelirin 8 gelir grubuna göre değerlendirilmesi ve tek katsayı yerine ( $\alpha$ ) her bir gelir grubu için farklı katsayı ( $\beta$ ) kullanılmasıdır (Tablo 1).

$$K_{TSA} = [\sum_{YILLAR\ 1-3} \max(\sum (GI_{1-8} * \beta_{1-8}, 0)]/3 \quad (2)$$

$K_{TSA}$ : Gerekli Sermaye

$GI_{1-8}$ : Yıllık Brüt Gelir,  $\beta_{1-8}$ : Katsayı

**Tablo 1. İşkolu Bazında Standartlaştırılmış Yaklaşım Göre Beta Değerleri**

İşkolu	$\beta$	İşkolu	$\beta$
Kurumsal Krediler	% 18	Ödemeler Ve Takas	% 18
Alım – Satım İşlemleri	% 18	Aracılık ve Saklama Hizm.	% 15
Bireysel Bankacılık	% 12	Varlık Yönetimi	% 12
Ticari Bankacılık	% 15	Bireysel Aracılık İşlemleri	% 12

Gelişmiş ölçüm yaklaşımında, temel ve standartlaştırılmış yaklaşımda bulunan brüt gelirin bir fonksiyonu yerine 8 işkolunda 7 risk alanı için 49 kategoride risk gözlenmekte ve sermaye gereksinimi beklenen zarar (EL) ve beklenmeyen zarar (UL) toplamı ile bulunmaktadır.

Gelişmiş ölçüm yaklaşımı'ndaki temel standartlar; risk hesaplamasının 49 kategoride yapılması, iç veri ve dış verinin birlikte kullanılması, senaryo analizlerine yer verilmesi, verilerin iç kontrol faktörlerini ve iş ortamını yansıtmaları olarak sıralanmıştır (BIS, 2004). Gelişmiş Ölçüm yaklaşımı üç kategoride değerlendirilmektedir.

- İçsel Ölçüm Yaklaşımı
- Zarar Dağılımları Yaklaşımı
- Skor-kart Yaklaşımı

Zarar dağılımları yaklaşımı, diğer yaklaşımlara göre daha fazla tercih edilmekle birlikte literatürde zarar gruplarındaki ilgileşim ve iç ve dış verinin birleştirilmesi konusunda görüş birliği yoktur ve yaklaşım şekillenmesi son bir kaç yılda başlamıştır.

### 3. Zarar Dağılımı Yaklaşımı

Zarar Dağılımı Yaklaşımı 3 adımda oluşturulmaktadır.

- Şiddet dağılımının oluşturulması (estimating a severity distribution)
- Frekans (sıklık) dağılımının oluşturulması (estimating a frequency distribution)
- İstatistiksel benzetim uygulanması (statistical simulation)

Zarar dağılımı yaklaşımında ilk adım olan şiddet dağılımının oluşturulması temelde uç değerler teorisi (extrem value theory)'ne dayanmaktadır. Uç değerler teorisi, genel riske-maruz-değer modellerinden farklı olarak kuyruk bölgesine (tail probability) yoğunlaşmaktadır.<sup>†</sup> Zarar dağılımına ikinci adım olan frekans (sıklık) dağılımının oluşturulmasında, frekans dağılımının Poisson dağılımı olduğu varsayılmaktadır. Poisson dağılımı aktüer ya hesaplamasında kullanılmaktadır ve hesaplanması gereken tek parametrenin  $\lambda$  olması sebebi ile tercih edilmektedir. (Frachot, Moudoulaud ve Roncalli, 2003: 4). Zarar dağılımı beklenen zarar (EL), beklenmeyen zarar (UL) ve felaketsel kayıp (CL) olmak üzere üç bölgeye ayrılmaktadır (Grafik 1). Beklenen zarar seçilen dağılıma bağlı olarak ortalama kaybı göstermektedir (3).

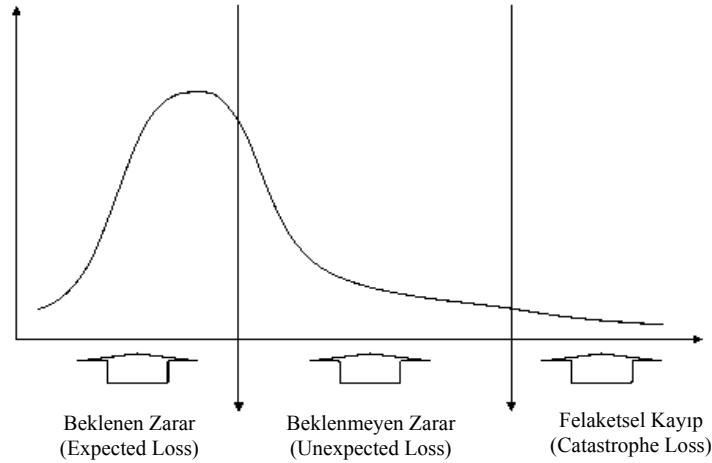
<sup>†</sup> Uç değerler teorisi ile ilgili açıklama uygulama bölümünde, iç ve dış verinin birleştirilmesi başlığı altında yer almaktadır.

$$\text{Beklenen Zarar } E(L) = \int_0^{y1} f(y)dy = 0.5 \quad (3)$$

0.5 değeri ortalama kaybı ifade etmektedir. Beklenmeyen zarar ortama kayıp ile belirli bir bölgeye kadar oluşabilecek kayıp aralığını göstermektedir (4).

$$\text{Beklenmeyen Zarar } U(L) = \int_0^{y2} f(y)dy - \int_0^{y1} f(y)dy \quad (4)$$

$y_2$ , felaketsel kaybın başladığı bölgedir (C(L), %99). Zarar dağılımı yaklaşımda riske maruz sermaye, zararların iş kolları ve risk grupları bazında basit toplamı ile bulunmaktadır (BIS, 2001: 34).

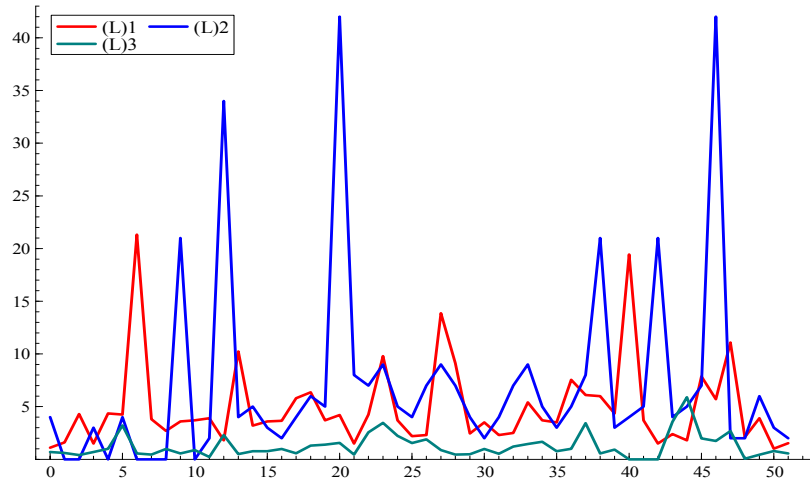


**Grafik 1. Zarar Dağılımı Yaklaşımı (LDA)**

Basel, riske maruz sermayenin (CAR-Capital-at-Risk) beklenmeyen zararları (UL) içermesini, karşılıkların (provisions) ise beklenen zararı (E(L)) içermesini öngörmektedir (Harmantzis, 2003). Frachot, Georges ve Roncalli (2001: 7) ise bazı kurumların riske maruz sermaye'yi E(L) ve U(L) toplayarak hesapladıklarını bildirmiştir. Sermaye hesaplaması ve sermaye standartlarının uluslar arası yakınsamasını içeren Basel dokümanının gelişmiş ölçüm yaklaşımı detaylı şartlar bölümünde, E(L)'nin tespitinde yeterli veri olması durumunda CAR'ın yalnız U(L)'yi içereceği, diğer durumda E(L) ve U(L) toplamından oluşacağı bildirilmiştir (BIS, 2004: 144). Ülke düzenleyicileri bankaların E(L)'nin tespitindeki yeterliliğine göre CAR'ın hesaplamasında hangi yöntemin kullanılacağı konusunda yetkilidir. Çalışmanın uygulama bölümünde, bankanın etkin bir iç kontrol ve hesaplama sistemine sahip olduğu varsayımı ile CAR yalnız U(L)'yi içermektedir. Zarar dağılımı yaklaşımının uygulanması için E(L) ve U(L)'nin hesaplanabileceği bir sistem zorunlu olduğundan, iş süreçlerinin takibi ve etkin bir iç kontrol sistemi de zorunlu olmaktadır. Bu noktada açıklık bulunmayan husus E (L) için karşılık ayrılıp ayrılmayacağıdır. Uygulama bölümünde farklı dağılım benzetimleri için E(L)'nin nasıl bir değer alabileceği de yer almaktadır.

#### 4. Veri ve Yöntem

Türk finans kesimine ilişkin operasyonel risk veri tabanı bulunmadığından ve herhangi bir bankanın iç veri tabanına ulaşamadığından uygulama benzetim verileriyle yapılmıştır. Güven aralığı problemi başlıklı uygulama bölümünde farklı dağılımlarda 1000 veri benzetimi ile seriler oluşturulmuştur. Diğer uygulama bölümlerinde  $(L)_1$ ,  $(L)_2$  ve  $(L)_3$  olmak üzere haftalık veriyi temsil eden aşırı uçlar teorisine yakın 52 rastsal sayı üretilmiştir (Grafik 2). Serilerin tekil grafikleri ve dağılım grafikleri Ek (1)'de, temel istatistik özellikleri Tablo 2'de bulunmaktadır.



Grafik 2.  $(L)_1$ ,  $(L)_2$  ve  $(L)_3$  Grafikleri

Tablo 2. Temel İstatistik Özellikleri

	Ortalama	Std.Sapma	Minimum	Maksimum	Skewness	Kurtosis
$(L)_1$	4.9492	4.1075	1.0200	21.320	2.3565	8.9086
$(L)_2$	7.0962	9.3563	0.0000	42.000	2.6260	9.4667
$(L)_3$	1.2408	1.1280	0.0000	5.8900	1.8643	7.1932

Serilerin korelasyon ve kendall tau ( $\tau$ ) değerleri Tablo 3'te bulunmaktadır. Kendall tau istatistiğindeki farklılık, korelasyon ve sıralama korelasyonu arasındaki uzaklığı göstermektedir.

Tablo 3. Riskler Arasındaki Korelasyon

	Korelasyon		Kendall Tau ( $\tau$ )	
	$(L)_1$	$(L)_3$	$(L)_1$	$(L)_3$
$(L)_3$	-0.05099	-	0.1168	-
$(L)_5$	0.120386	-0.0554	0.1103	0.1974

#### 5. Uygulama

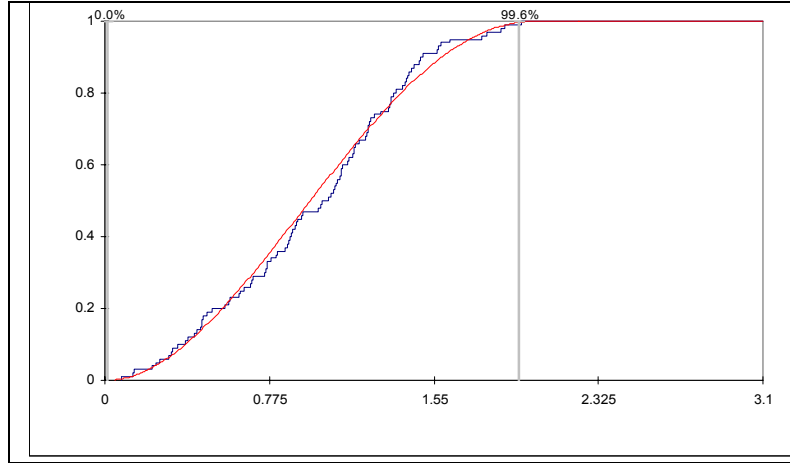
Uygulama bölümünde; güven aralığı ve eşik değer problemi, zarar dağılımı uygulaması, iç ve dış verinin birleştirilmesi ve değişen zarar dağılımı yer almaktadır.

### 5.1. Güven Aralığı Problemi

Basel, beklenen zararın (U(L)) %99.9 güven aralığına göre hesaplanmasını öngörmüş (BIS, 2004: 144), yoğun kuyruk zarar dağılımlarının (heavy-tailed loss distribution) bulunduğu durumda güven aralığının %99.9 altında hesaplanabileceğini belirtmiştir (BIS, 2004: 145). Farklı dağılımlarda güven aralığı testi için 1000 veri üzerinden rastsal sayılardan oluşan 20 dağılım oluşturulmuştur<sup>‡</sup>.

Güven aralığı problemi temelde iki yöntemle çözülebilmektedir. Birinci yöntem aşırı uçlar teorisi ile eşik değerin tespiti, ikinci yöntem ise hill-plot ve kümülatif yoğunluk grafikleri ile grafiksel olarak yüzdenin belirlenmesidir. Bu bölümde kümülatif yükselme (cumulative ascending) grafikleri ile güven aralığı bölgeleri tespit edilecektir. Dağılımda optimal güven aralığı veri ile dağılımın eşit olarak yatay seyir izlediği bölgedir. Bu yöntem aşırı uçlar teorisinin ilk aşaması olan hill-plot, Q-Q plot grafiksel izlenimi (Gençay v.d., 2001: 218) ile aynıdır.

Grafik 3'te beta dağılımı için optimal güven aralığı bölgesi bulunmaktadır. Benzetim veriler ile optimal bölge %99.6 olarak tespit edilmiştir. %99.6'dan sonraki bölge felaketsel kayıp (catastrophe loss) bölgesi olup operasyonel risk yönetiminde sigortalanması gereken ya da sigorta edilebilecek bölge olarak da tanımlanmaktadır. 20 Dağılım için kümülatif yükselme grafikleri Ek 2'de bulunmaktadır.



**Grafik 3. Beta Dağılımı Kümülatif Yükselme Grafiği (%)**

Benzetim verilerin optimal güven aralıkları ve %99, %99.5 ve %99.9 güven aralığında aldıkları değerler Tablo 5'te bulunmaktadır. Optimal güven aralığı %98.6 ile %99.9 arasında değişmektedir. Basel'in tespitine paralel olarak (BIS, 2004: 145), güven aralığının dağılıma göre %99.9'dan farklı olabileceği benzetim verilerle gözlemlenmiştir. Tablo 4'de %99, %99.5 ve %99.9 güven aralığı için verilerdeki farklılıklar beklenmeyen zararın güven aralığına göre değişimini de göstermektedir. Bu sonuçlar, zarar dağılımı uygulamasında ilk aşamanın optimal güven aralığının tespiti olması gerektiğini de göstermektedir.

<sup>‡</sup> Rastsal sayılar ve dağılımlarda parametre seçimi ile ilgili bilgiler yazarların adreslerinden temin edilebilir.

Tablo 4. Optimal Güven Aralığı (Yüzde ve Veri)

<i>Dağılım</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maksimum</i>	<i>%99 CI</i>	<i>%99.5 CI</i>	<i>%99.9 CI</i>	<i>Güven Aralığı*</i>
<i>BetaGeneral</i>	0.076983	1.9621	1.890	1.940	2.342	%99.6
<i>ChiSquare</i>	0.45132	1.6810	1.520	16.800	2.987	%99.5
<i>Erf</i>	0.05640	1.6411	2.500	3.500	4.700	%99.6
<i>Erlang</i>	0.15406	1.9392	2.349	2.500	2.910	%99.8
<i>Exponential</i>	0.063687	1.8945	3.100	3.600	4.400	99.74%
<i>ExtremeValue</i>	0.073503	1.9998	3.000	3.300	4.000	%99.64
<i>Gamma</i>	0.14069	1.9721	2.476	2.700	3.300	%99.9
<i>InverseGauss</i>	0.11717	1.7896	2.300	2.700	3.300	%99.8
<i>Logistic</i>	0.058716	1.8099	2.200	2.450	2.900	%99.92
<i>LogLogistic**</i>	0.058716	1.8099	3.400	4.100	6.100	%99.6
<i>LogNormal</i>	0.13255	1.9463	2.450	2.800	3.500	%99.8
<i>Normal</i>	0.033880	1.7641	1.915	2.050	2.300	%99.89
<i>Pareto</i>	1.00741	1.97605	3.400	4.100	+Infinity	%99.6
<i>Pareto<sub>2</sub></i>	0.023354	1.9338	3.040	3.600	4.600	%99.5
<i>Pearson<sub>5</sub></i>	0.026359	1.7917	2.100	2.700	3.800	%99.5
<i>Rayleigh</i>	0.14181	1.9002	2.436	2.600	3.000	%99.9
<i>Student</i>	0.04420	1.7860	3.053	3.600	4.500	%99.5
<i>Triang</i>	0.030758	1.5994	1.793	1.840	1.850	%99.8
<i>Uniform</i>	0.03450	1.9765	2.008	2.043	2.100	%98.6
<i>Weibull</i>	0.058080	1.9564	2.061	2.200	2.500	%99.9

\* Güven aralığı (CI) 'nda kırılma yüzdesini göstermektedir.

\*\* Simulasyon Logistic dağılımı ile, dağılım testi ise LogLogistic ile yapılmıştır.

## 5.2. Zarar Dağılımları Yaklaşımı Uygulaması

Zarar Dağılımı Olabilirlik fonksiyonu 5 No'lu denklemle ifade edilmektedir (Frachot, Moudoulaud ve Roncalli, 2003: 4).

$$\ell_n = \sum_{i=1}^n \ln f(\zeta_i; Parametreler) - n \times \ln(1 - F(H; Parametreler)) \quad (5)$$

“Parametreler” dağılım parametrelerini (örn., lognormal dağılım için  $\mu, \sigma$ ),  $\zeta_i$ ;

“i” ninci zararı, n; zarar sayısını, H; eşik değeri göstermektedir.

Zarar dağılımlarının uygunluğunun tespitinde parametrik olmayan Anderson-Darling (A-D), Kolmogorov-Smirnov (K-S), ve Cramer-von Mises testleri kullanılabilmektedir (Frachot, Georges ve Roncalli, 2001: 13)<sup>§</sup>. Uygulamada A-D ve K-S istatistikleri kullanılmıştır.

Kolmogorov-Smirnov İstatistiği (K-S) sürekli örneklem verisine uygulanabilen bir testtir. K-S istatistiği (6) No'lu denklemle ifade edilir (@Risk, 2002: 149). K-S istatistiği parametrik olmayan bir test olmasına karşın kuyruk farklılıklarını yeterince tespit edememektedir (@Risk, 2002: 149).

$$D_n = \sup \left| F_n(x) - \hat{F}(x) \right| \quad (6)$$

<sup>§</sup> Frachot, Georges ve Roncalli (2001: 13) parametrik olmayan testlerinde bazı durumlarda yetersiz kalabildiğini belirtmiştir.

$n$  = toplam veri noktası sayısı

$\hat{F}(x)$  = test edilen kümülatif dağılım fonksiyonu

$$F_n(x) = \frac{N_x}{n}$$

$N_x$  =  $x$ 'den küçük  $X_i$  sayısı

Anderson-Darling istatistiği (A-D) (7) No'lu denklemlerle ifade edilmektedir (@Risk, 2002: 149). A-D istatistiği, K-S istatistiğinden farklı olarak gerçek dağılım ve seçilen dağılım arasındaki kuyruk olasılığına yoğunlaşmaktadır.

$$A_n^2 = n \int_{-\infty}^{+\infty} [F_n(x) - \hat{F}(x)]^2 \psi(x) \hat{f}(x) dx \quad (7)$$

$n$  = toplam veri noktası sayısı

$$\psi^2 = \frac{1}{\hat{F}(x) [1 - \hat{F}(x)]}$$

$\hat{f}(x)$  = test edilen yoğunluk fonksiyonu

$\hat{F}(x)$  = test edilen kümülatif dağılım fonksiyonu

$$F_n(x) = \frac{N_x}{n}$$

$N_x$  =  $x$ 'den küçük  $X_i$  sayısı

(L)<sub>1</sub> için 17 dağılım uygulaması 5 No'lu Tablo'da bulunmaktadır. Sıralama K-S istatistiğine göre yapılmıştır.

K-S istatistiğine göre en uygun zarar dağılımı Inverse Gauss, A-D istatistiğine göre en uygun dağılım ise Pearson<sub>5</sub> dağılımıdır. (4) No'lu Grafik'te dağılıma göre E (L), STD<sub>E(L)</sub> ve CAR değerleri bulunmaktadır. Örneklem uygun dağılımlarda CAR değeri daha yüksek iken, örneklem için uygun olmayan dağılımlarda CAR değeri düşmekte ancak E(L) değeri yükselmektedir. Grafikte Pearson<sub>5</sub> dağılımı en yüksek CAR değerini almaktadır. Bu durum, A-D istatistiğinin kuyruk odaklı bir test olmasını doğrulamaktadır. Operasyonel risk hesaplamasında zarar dağılımı seçilen istatistiğe göre belirleneceğinden, regülasyon için K-S istatistiğinin belirlediği dağılım, iç riske maruz değer takibi için A-D istatistiğinin belirlediği dağılım kullanılabilir\*\*.

\*\* Sermaye yeterlilik rasyosunun düşürülmemesi amacı ile.



Tablo 5. Uygulama- (L)<sub>1</sub>

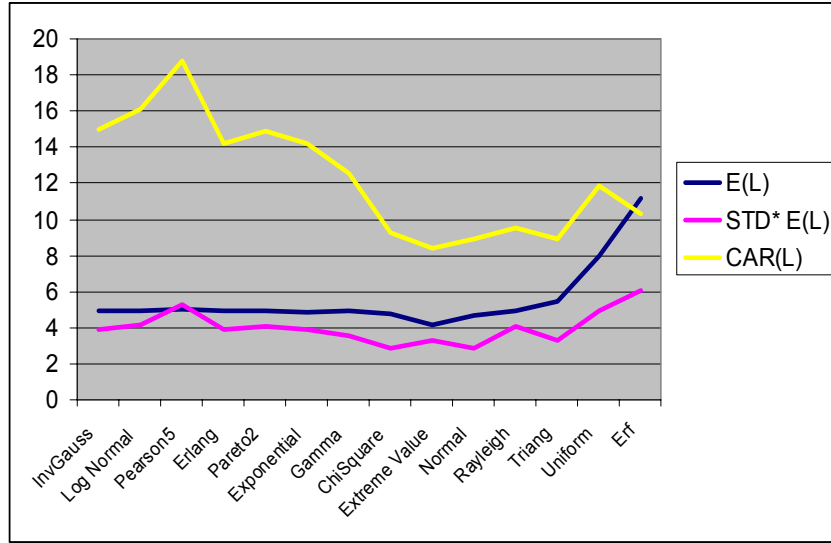
Dağılım	E (L)	STD* E(L)	CAR(L)**	Kolmogorov-Smirnov İstatistiği***	Anderson-Darling İstatistiği***
InvGauss	4.9492	3.9041	15.0108	0.1331	0.6326 <sup>3****</sup>
LogNormal	4.9374	4.1484	16.1226	0.1348	0.5915 <sup>2</sup>
Pearson <sub>5</sub>	5.019	5.2757	18.811	0.1384	0.5635 <sup>1</sup>
Erlang	4.9492	3.9292	14.1608	0.1411	+Infinity
Pareto <sub>2</sub>	4.9489	4.049	14.8711	0.1479	+Infinity
Exponential	4.8737	3.9292	14.1663	0.1512	1.316 <sup>6</sup>
Gamma	4.9492	3.5796	12.5508	0.1589	0.9089 <sup>4</sup>
ChiSquare	4.749	2.8284	9.281	0.1742	1.263 <sup>5</sup>
Logistic	4.1969	3.3053	8.3731	0.1906	2.662 <sup>8</sup>
Extreme Value	4.7081	2.8459	8.9219	0.1946	1.644 <sup>7</sup>
Normal	4.9492	4.1075	9.5508	0.2695	4.455 <sup>10</sup>
Pareto	5.4249	3.2854	8.9351	0.2734	+Infinity
Rayleigh	7.9906	4.9289	11.8494	0.2944	4.246 <sup>9</sup>
Triang	11.17	6.0899	10.34	0.4184	+Infinity
Uniform	4.9492	3.9041	15.0108	0.5549	31.09 <sup>12</sup>
Erf	4.9374	4.1484	16.1226	0.5733	21.26 <sup>11</sup>
Student	5.019	5.2757	+Infinity	0.7936	66.32 <sup>13</sup>

\* E (L)'nin standart sapmasını göstermektedir.

\*\* %99.0 güven aralığında Riske Maruz Sermaye değerini göstermektedir.

\*\*\* Belirtilen değerler P değeridir. Tüm testlerde düşük istatistik değeri daha uygun dağılımı ifade etmekte olup sıralama Kolmogorov-Sminov istatistiğine göre.

\*\*\*\* Anderson-Darling istatistiğine göre sıralamayı göstermektedir

Grafik 4. (L)<sub>1</sub> E(L), STD<sub>E(L)</sub> ve CAR Değerleri

### 5.3. İç ve Dış Verinin Birleştirilmesi

Basel, gelişmiş ölçüm yaklaşımı uygulamasında iç ve dış verinin birlikte kullanmasını gerektirdiğini belirtmiş (BIS,2001), ancak iç ve dış verinin nasıl birleştirileceği konusuna açıklık getirmemiştir. İç veri için asgari 5 yıllık veri tabanı gerekirken, ülke regülörleri tarafından oluşturulacak dış veri için asgari 3 yıllık veri tabanı gerekmektedir.

Gelişmiş ölçüm yaklaşımında, dış verinin tüm örnekleme kapsamaması ya da dağılımın doğru olmaması (biased distributions) ve iç verinin kütle içerisinde örnekleme temsil etmesi sebebi ile iç ve dış verinin birleştirilmesi en zor alanı temsil etmektedir (Frachot ve Rocalli, 2002). İç ve dış verinin birleştirilmesinde diğer bir engel dış verinin kapsamı ile iç verinin kapsamı ve özellikleri arasındaki farklılıklardır. Örnek olarak seçilen bir zarar grubunda (örn.,  $(L)_1$ ) bazı bankalarda uç değer olasılığı düşük bazı bankalarda ise çok yüksek olabilmektedir. Aynı şekilde bazı bankalarda iç kontrol sistemi etkinliği ve aksiyon hızı çok yüksek olmasına karşın bazı bankalarda aynı etkinliğe sahip değildir. Bazı bankalarda operasyonel riskler yüksek risk grubunda olmasına rağmen bu riskler tüm bankalarda aynı olmayabilir. Bu durumda iç verinin  $(L)_1$  dış veri  $(L)_1^d$  ile benzetimi, beklenmeyen zararın olması gerektiğinden daha yüksek hesaplanması ile sonuçlanabilmektedir. Gerek iç veri gerekse dış veri havuzunun geniş bir örnekleme (örn., 5 yıl) temsil etmemesi durumunda, uç değerlerdeki anlamlılık artacaktır. Diğer yandan, uç değerler teorisi ile eşik değerin tespiti (threshold determination) aynı şekilde model anlamlılığını arttıracaktır. İç ve Dış veri birleştirilmesi aşağıdaki yöntemlerle yapılabilmektedir.

- Basit İstatistiksel analiz
- Eşik değer ile birleştirme (mixing with threshold)
- Dağılım ve parametre benzetimi (Bootstrapping)

Basit istatistik analiz iç ve dış verinin standart sapma ve benzeri temel istatistik özelliklerinin karşılaştırılmasıdır. Bu yöntem kantitatif açıdan birleştirmeyi sağlamamakla birlikte, seçilen iç verinin (örneğin  $(L)_1$ ) sektörün genelinden farklılığını ortaya çıkarmaktadır.

Eşik değeri ile dağılım birleştirilmesi Baud, Antoine ve Roncall (2002) tarafından önerilmiştir. Bu yaklaşımda iç ve dış verinin eşik değeri<sup>††</sup> hesaplanarak iç veriye dış veri eşik değeri benzetimi uygulanır. Yaklaşımın dezavantajı iç ve dış verinin aynı özelliklere sahip olmadığı durumda risk değerindeki farklılıktır. İç ve dış veri aynı özelliklere sahip değilse, yöntem beklenmeyen zarar için ortalama bir tahmin ile sonuçlanmaktadır (Baud, Antoine ve Roncall, 2002: 17).

İç ve dış veri birleştirilmesinde üçüncü yol olarak dağılım ve parametre benzetimi (Bootstrapping) uygulanabilir. Dağılım ve parametre benzetimi, belirli bir örneklemden benzetim ile rastsal sayı üretmek ve üretilen rastsal sayılara seçilen dağılımı uygulamaktır. Örnek olarak,  $[0, T]$  zaman aralığında operasyonel kayıplar  $\{x_i\}_{i=1}^T$  olsun. Operasyonel kayıpların  $\lambda$  parametresi ile poisson dağılımına uyduğu varsayımı ile  $\{x_i\}_{i=1}^T$  örneklemden  $\{y_j\}_{j=1}^{\lambda}$  rastsal sayı grubu üretililebilecektir. Bu tekrar 10000, 100000, 1000000 kez yapılabilir<sup>‡‡</sup>. Dağılım ve parametre benzetimi yöntemi iç ve dış veri birleştirilmesinde aşağıdaki adımlarla uygulanmıştır.

- İç ve dış veri yoğunluk grafikleri ve istatistik özelliklerinin çıkarılması
- İç ve dış verinin eşik değeri yüzdelerinin bulunması
- İç ve dış veri zarar dağılımlarının çıkarılması ve en uygun dağılımların parametrelerinin bulunması

<sup>††</sup> optimal anlamlı güven aralığı bölgesi ya da optimal felaketsel kayıp başlangıç değeri

<sup>‡‡</sup> Uygulamada 10000 simülasyon seçilmiştir

- Benzetim ile dış veri dağılım (ve parametrelerinin) iç veriye uygulanması
- Benzetim sonucu iç veri E(L) ve CAR değerlerinin hesaplanması

Bu yaklaşımın eşik değer ile birleştirme yönteminden farkı ve avantajı iç ve dış verinin benzer dağılım özelliklerine sahip olduğu varsayımının bulunmamasıdır. Benzetim sonucu dış veri kuyruk yoğunluğu daha yüksekse iç veri CAR değeri daha yüksek, diğer durumda iç veri CAR değeri daha düşük bulunacaktır.

Yukarıda 2 No'lu Tablo'da  $(L)_2$  ve  $(L)_3$ 'ün temel istatistik özellikleri bulunmaktadır.  $(L)_2$  iç veri,  $(L)_3$  dış veri olacak şekilde  $(L)^D_3$  temel alınarak uygulama yapılmıştır.  $(L)_2$  ve  $(L)^D_3$  için en uygun eşik değer yüzdeleri 6 No'lu Tablo'da bulunmaktadır. Eşik değer belirlerken eşik değer yerine yüzde eşik değer seçilmesinin nedeni düşük veri (aşım sayısına göre-3) için bile eşik değer maksimum değerden çok uzak bulunabilmesidir. Ek 3'te Serilerin genelleştirilmiş pareto dağılımına göre Q-Q grafikleri ve Ek 4'te ortalama aşım (Mean Excess)-eşik değer grafikleri bu bulguyu doğrulamaktadır. Ek 5'de serilerin Hill-Plot grafikleri ve  $(L)^D_3$  için eşik değer anlamı olabileceğini gösterirken,  $(L)_2$  için anlamsız olabileceğini göstermektedir.

**Tablo 6. Threshold Değer ve Yüzdeleri**

	% Aralığına Göre Eşik Değerleri		Aşım Sayısına Göre Eşik Değerleri	Optimal Eşik Değer Yüzdeleri
	% 5	% 10	3*	
$(L)_2$	34	9	21	96.32
$(L)^D_3$	3.450	2.680	3.42	97.86

\*Eşik değeri aşan veri sayısı

İkinci aşamada iç ve dış veriye tekil zarar dağılımı (univariate) uygulanmıştır (Tablo 7). İç veri CAR değeri K-S istatistiğine göre en uygun dağılım olan Log Normal ile 47.953 olarak bulunmuştur. Dış veri için en uygun dağılım Pearson<sub>5</sub> dağılımıdır.

**Tablo 7. İç ve Dış Veri Zarar Dağılımları**

		Dağılım	K-S	$\xi$ (%)	$\xi$ (Değer)	E(L)	STD <sub>E(L)</sub>	CAR
İç Veri	$(L)_2$	Log Normal	0.1369	96.32	55.00	7.0461	9.4053	47.9539
Dış Veri	$(L)^D_3$	Pearson <sub>5</sub>	0.09915	97.86	7.60	1.2510	1.2563	6.349

Üçüncü aşamada dış veri için uygun dağılımların parametreleri belirlenmiştir (Tablo 8). En uygun zarar dağılımı olan Pearson<sub>5</sub> parametreleri Normal Pearson<sub>5</sub> dağılımına yakındır.

**Tablo 8.  $(L)^D_3$  Dağılım Parametreleri**

Pearson <sub>5</sub>		LogNormal <sub>2</sub>		InverseGauss	
$\alpha$	4.2487	$\mu$	0.20520	$\mu$	1.6112
$\beta$	6.1202	$\sigma$	0.66828	$\lambda$	3.4322
Shift	-0.63291	Shift	-0.29301	Shift	0.37042
ExtremeValue		Gamma		Beta	
a	0.78731	$\alpha$	1.0944	$\alpha_1$	0.69349
b	0.69583	$\beta$	1.1404	$\alpha_2$	3.7638
-	-	Shift	-0.007306	Min	0.0000
-	-	-	-	Max	7.8853

(9) No'lu Tablo'da %97.86 güven aralığında iç verinin dış veriye göre E(L) ve CAR değerleri bulunmaktadır. Gerek E(L) gerekse CAR değerleri iç veri değerlerinden düşüktür. İç verinin dış veri ile birleştirilmesi sonucu dış verinin kuyruk yoğunluğu daha düşük olduğundan CAR benzetim CAR Gerçek (iç veri CAR) değerinden düşüktür. BIS, bu durum için hangi CAR değerinin baz alınacağına ilişkin bilgi vermemiştir. Dış veri bir stres testi niteliği taşıdığından CAR benzetim < CAR Gerçek olması durumunda CAR Gerçek dikkate alınmalıdır.

**Tablo 9. %97.86 Güven Aralığında İç Verinin Dış Veri Benzetimi ile E(L) ve CAR Değerleri**

	<i>Pearson<sub>5</sub></i>	<i>LogNormal<sub>2</sub></i>	<i>Inverse Gauss</i>	<i>Extreme Value</i>	<i>Gamma</i>	<i>Beta</i>
<b>E(L)</b>	2.2401	2.2355	1.9654	2.1981	2.6532	2.1191
<b>CAR</b>	29.2599	21.9854	19.4312	19.992	17.9321	21.1231

#### 5.4. Değişen Zarar Dağılımı (Switching Loss Distribution)

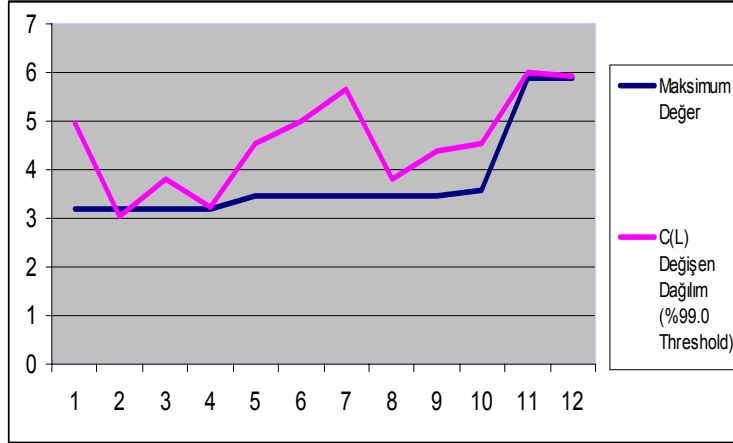
Zarar dağılımı yaklaşımı uygulama bölümünde açıklanan kriterlerle dağılımın zaman içerisinde değişeceği şekilde modellenilmektedir. Bu yaklaşım için Çifter (2004)'in önerisi baz alınmıştır. Dağılım değişimi K-S istatistik testine göre belirlenmiş, uygulama (L)<sub>3</sub> verisi için yapılmıştır.

52 hafta 4'er haftalık bloklar halinde değişecek şekilde değişen zarar dağılımı yaklaşımı uygulanmıştır (Tablo 10). K-S istatistiğine göre Inverse Gauss, Pearson<sub>5</sub>, Log Normal ve Extreme Value dağılımları veri için uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir.

**Tablo 10. Değişen Dağılım (L)<sub>3</sub>\***

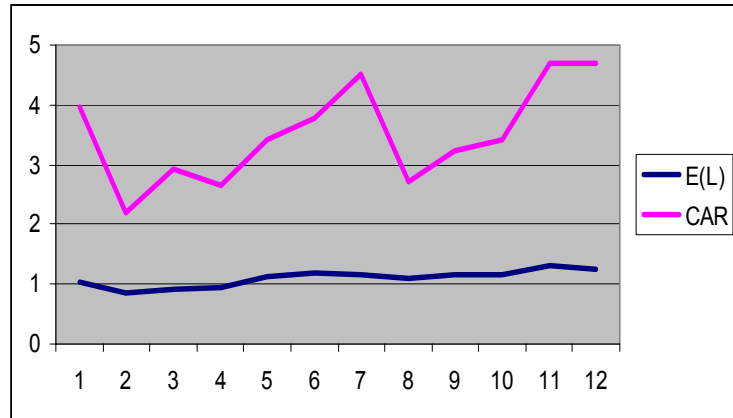
<i>Kolmogorov-Smirnov İstatistiğine Göre Kayıp</i>							
Hafta	E(L)	STD* <sub>E(L)</sub>	CAR(L)	Skewness	Kurtosis	K-S	Dağılım
8	1.02429 (1.0243)	0.99221 (0.9809)	4.976	4.3273 (1.8984)	34.2093 (4.8458)	0.2031	InvGauss
12	0.85500 (0.8550)	0.63530 (0.7764)	3.056	2.4956 (2.5529)	13.3804 (8.4590)	0.1916	InvGauss
16	0.90074 (0.9112)	0.79568 (0.7665)	3.818	14.6822 (2.1505)	N/A (6.6012)	0.1521	Pearson <sub>5</sub>
20	0.93689 (0.9415)	0.70941 (0.6998)	3.590	5.6678 (2.1042)	N/A (7.0371)	0.1130	Pearson <sub>5</sub>
24	1.1188 (1.1188)	0.89215 (0.8868)	4.542	2.5749 (1.5123)	14.0502 (4.1711)	0.1168	InvGauss
28	1.2035 (1.1921)	0.98548 (0.8608)	4.989	3.3982 (1.2549)	28.8697 (3.6307)	0.09628	LogNorm
32	1.1564 (1.1194)	1.2919 (0.8304)	5.656	N/A (1.4211)	N/A (4.1452)	0.08583	Pearson <sub>5</sub>
36	1.09802 (1.1367)	0.64644 (0.7914)	3.800	1.1395 (1.3943)	5.4000 (4.3167)	0.07562	ExtValue
40	1.1705 (1.1705)	0.85982 (0.8395)	4.388	2.3355 (1.4376)	12.0906 (4.2507)	0.1007	InvGauss
44	1.1463 (1.1450)	0.9546 (0.931)	4.549	2.1315 (1.2952)	12.0335 (3.8915)	0.1142	LogNorm
48	1.3151 (1.3058)	1.2611 (1.148)	6.004	4.1560 (1.7836)	88.9658 (6.8182)	0.1015	Pearson <sub>5</sub>
52	1.2510 (1.2408)	1.2563 (1.1280)	5.940	4.8036 (1.8643)	200.9143 (7.1932)	0.09915	Pearson <sub>5</sub>

(5) No'lu Grafik'te maksimum değer ve CAR değerindeki değişim bulunmaktadır. Değişen en uygun dağılıma göre CAR maksimum değerinin üzerine çıkabilmektedir.



**Grafik 5. Maksimum Değer ve CAR Değişim Grafiği**

6 No'lu Grafik'te değişen zarar dağılımına göre E(L) ve CAR değerleri bulunmaktadır. Değişen zarar dağılımında E(L) değerleri yeni verilerle birlikte artmakta ancak başlangıç noktasına göre büyük farklılıklar bulunmamaktadır. CAR değeri ise zaman içerisinde değişmektedir.



**Grafik 6. E(L) ve Riske Maruz Sermaye (CAR-Capital-at-Risk) Değişim Grafiği**

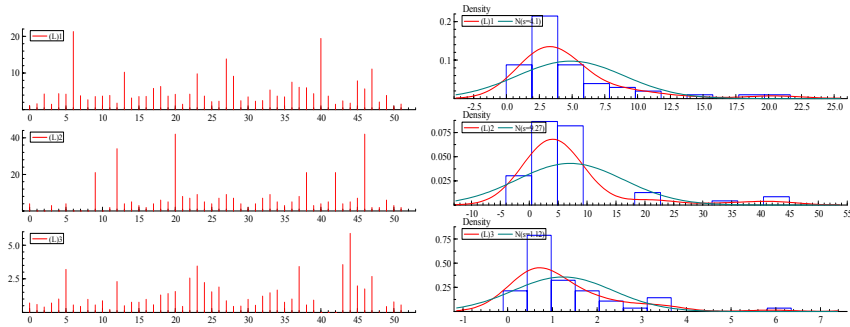
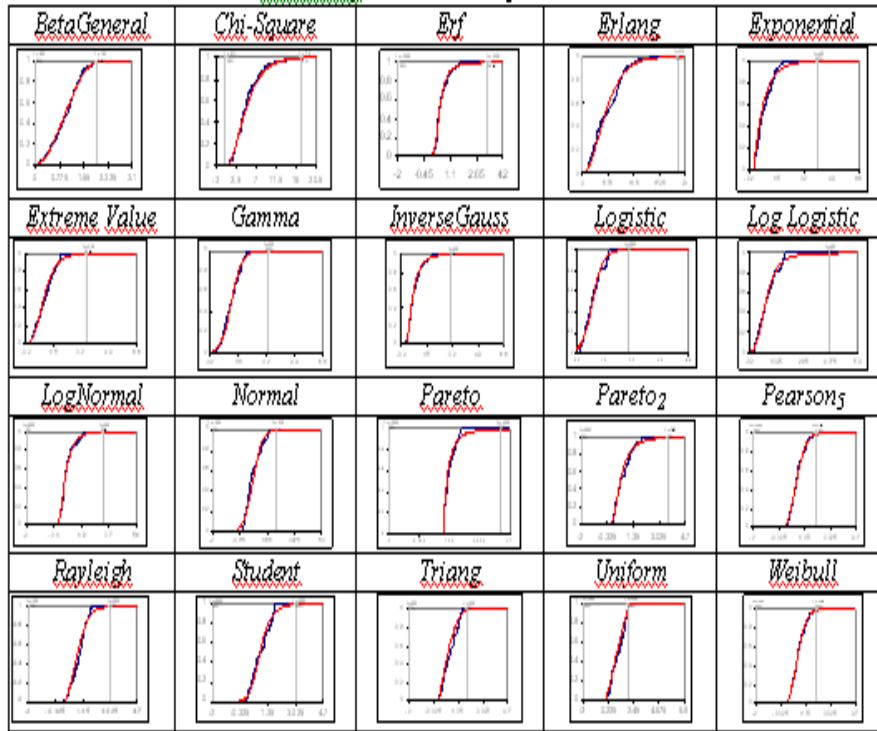
## 6. Sonuç ve Öneriler

En son yayınlanan Basel dökümanına göre, bankalar Gelişmiş Ölçüm Yaklaşımı (AMA) uygulayabilecektir. Temel ve standart yaklaşımlar operasyonel riski brüt gelirin yüzdesi olarak dikkate aldığından, bu modeller gerçek kayıp ve kayıp olasılığını dikkate almamaktadır. Bu makalede, operasyonel risk yönetimi'nde Gelişmiş Ölçüm Yaklaşımının zarar dağılımı ile uygulaması yapılmıştır. İç ve dış verinin birleştirilmesinde parametre ve dağılım benzetimi önerilmiş ve değişen zarar dağılımının operasyonel risk hesaplamasında uygulanabileceği açıklanmıştır. Diğer bir bulgu, doğrusal olmayan dağılımlarda beklenmeyen zararın belirlenmesinde BIS (2004) tespitine benzer olarak %99 güven aralığının çok yüksek olduğu ve bu dağılımlar için %99-%99.5 arasında güven aralığı kullanılması gerektiğidir.

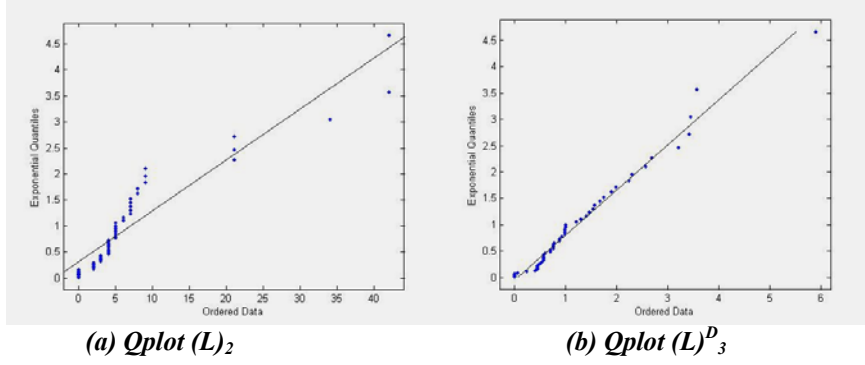
Zarar dağılımlarının çoklu (multivariate) olarak benzetimi ve operasyonel risk yönetimi'nde korelasyon problemi gelecek çalışmalar arasına bırakılmıştır.

### Referanslar

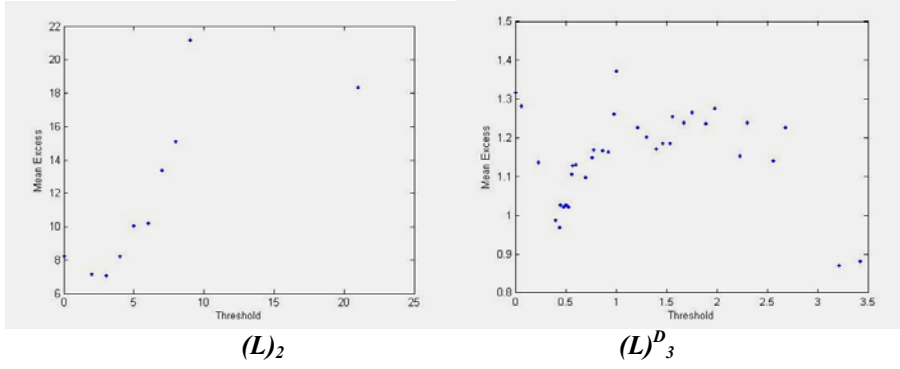
- BDDK, (2005a). *Basel II'ye geçişe ilişkin yol hatırası (Taslak)*, Araştırma Dairesi, Erişim adresi: [http://www.bddk.org.tr/turkce/basel/basel/30052005\\_sunum.pdf](http://www.bddk.org.tr/turkce/basel/basel/30052005_sunum.pdf), [Erişim tarihi: 29.08.2005].
- , (2005b). *Türk bankacılık sistemi Basel II 1. anket çalışması sonuçları*. Araştırma Dairesi, Erişim adresi: [http://www.bddk.org.tr/turkce/basel/basel/Basel2\\_2\\_Anket\\_Calismasi\\_Sonuclari.pdf](http://www.bddk.org.tr/turkce/basel/basel/Basel2_2_Anket_Calismasi_Sonuclari.pdf), [Erişim tarihi: 30.12.2005].
- BIS (2001). *Working paper on the regulatory treatment of operational risk*. Basel Committee, Eylül.
- , (2004) *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*, Basel Committee, Haziran.
- COLES, S. (2001a). *An introduction to statistical modeling of extreme values*, London, Springer-Verlag.
- , (2001b). S-plus functions for extreme value modeling: An accompaniment to the book *An introduction to statistical modeling of extreme values*. Erişim adresi: <http://www.stats.bris.ac.uk/~masgc/ismev/uses.ps>, [Erişim tarihi: 12.05.2005].
- ÇİFTER, A. (2004). Risk yönetiminde (Skewed) student-t ve GED dağılımları ile asimetrik ve (Kısmi) entegre Garch modelleri: Eurobond üzerine bir uygulama. *VIII. Ulusal Finans Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Eylül.
- BAUD, N. FRACHOT, A., RONCALLI T. (2002). *Internal data, external data and consortium data for operational risk management: how to poll data properly?*, Working Paper, Credit Lyonnas, Groupe de Recherche Operationnelle.
- FDIC (2003). Supervisory guidance on operational risk advanced measurement approaches for regulatory capital. First draft, Erişim adresi: [www.fdic.gov/regulations/laws/publiccomments/basel/boardmem-oprisk.pdf](http://www.fdic.gov/regulations/laws/publiccomments/basel/boardmem-oprisk.pdf), [Erişim tarihi: 12.04.2005].
- FRACHOT, A., RONCALLI, T. (2002). *Mixing internal and external data for managing operational Risk*. Working paper, Credit Lyonnas, Groupe de Recherche Operationnelle.
- FRACHOT, A., MOUDOULAUD, O., ve RONCALLI, T. (2003). *Loss distribution approach in practice*. Working paper, Credit Lyonnas, Groupe de Recherche Operationnelle.
- FRACHOT, A., GEORGES, P., RONCALLI, T. (2001). *Loss distribution approach for operational risk*. Working paper, Credit Lyonnas, Groupe de Recherche Operationnelle.
- GENÇAY, R., SELÇUK, F., ULUGÜLYAĞCI, A. (2001). Evim: a software package for extreme value analysis in Matlab. *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, 5 (3), 213-239. ss.
- HARMANTZIS, F.C. (2003). Risky business, OR/MS. Erişim adresi: <http://www.lionhrtpub.com/orms/orms-2-03/frisk.html>, [Erişim tarihi: 01.07.2005].
- MEDOVA, E.A. (2003). Addressing the key concerns when implementing an integrated risk management function aligning credit, market and operational risk, *OpRisk Conference 2003*, London 11-12 Mart.
- @RISK (2002) Guide to @Risk, Palisade Corporation

**Ekler****Ek 1.  $(L)_1$ ,  $(L)_2$  ve  $(L)_3$** **Ek 2. Kümülatif Yükselme Grafikleri**

**Ek 3. Serilerin Genelleştirilmiş Pareto Dağılımına Göre Q-Q Grafikleri**



**Ek 4. Ortalama Artık Grafiği (Ortalama Artık-Eşik Değer)**



**Ek 5. Serilerin Hill-Plot Grafikleri**

